

PAT-NO: JP02001068786A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2001068786 A

TITLE: NITRIDE COMPOUND SEMICONDUCTOR
LIGHT-EMITTING DEVICE AND
ITS MANUFACTURE

PUBN-DATE: March 16, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

HATA, TOSHIO

COUNTRY

N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

SHARP CORP

COUNTRY

N/A

APPL-NO: JP2000079180

APPL-DATE: March 21, 2000

PRIORITY-DATA: 11178996 (June 24, 1999)

INT-CL (IPC): H01S005/223, H01L021/3065 , H01L033/00 ,
H01S005/343

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To decrease a threshold current and forward voltage and improved reliability in the nitride compound semiconductor light-emitting device where a current blocking layer is provided so as to stabilize the lateral mode.

SOLUTION: This nitride compound semiconductor light-emitting device is equipped with an active layer 5 which is pinched between an upper and a lower

clad layer, 4 and 6, and a current blocking layer 8a having an opening that serves as a current path is formed on the active layer 5. The current blocking layer 8a is equipped with a conductor layer and an insulating layer 7 at least on the opening under a nitride compound semiconductor layer 8, and the insulating layer 7 functions as an etching stop layer of the nitride compound semiconductor layer 8 when the opening is formed.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-68786

(P2001-68786A)

(43) 公開日 平成13年3月16日 (2001.3.16)

| (51) Int. Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テーマト* (参考) |
|----------------------------|------|----------------|-------------|
| H 0 1 S 5/223 | | H 0 1 S 5/223 | 5 F 0 0 4 |
| H 0 1 L 21/3065 | | H 0 1 L 33/00 | C 5 F 0 4 1 |
| 33/00 | | H 0 1 S 5/343 | 5 F 0 7 3 |
| H 0 1 S 5/343 | | H 0 1 L 21/302 | J |

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-79180 (P2000-79180)
(22) 出願日 平成12年3月21日 (2000.3.21)
(31) 優先権主張番号 特願平11-178996
(32) 優先日 平成11年6月24日 (1999.6.24)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

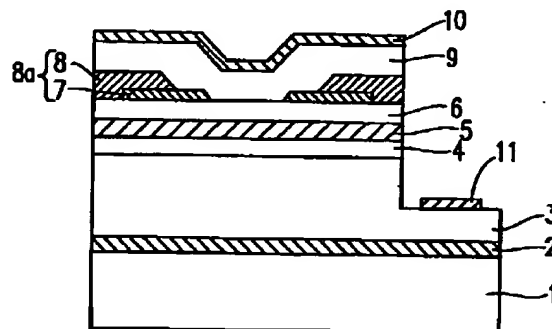
(71) 出願人 000005049
シャープ株式会社
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
(72) 発明者 橋 俊雄
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ
ャープ株式会社内
(74) 代理人 100078282
弁理士 山本 秀策
Fターム (参考) 5F004 AA06 BA04 DA00 DA04 DA11
DB19 EA23 EB08 FA08
5F041 CA34 CA40 CA74 CB03 CB04
5F073 AA07 AA13 AA51 AA53 AA74
CA07 CB05 CB07 DA05 DA22
DA25 DA35 EA23

(54) 【発明の名称】 窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 横モードを安定させるために電流阻止層を設けた窒化物系化合物半導体発光素子において、しきい値電流と順方向電圧を低減し、信頼性を向上する。

【解決手段】 上下クラッド層4、6で挟まれた活性層5上に電流通路となる開口部を有する電流阻止層8aが設けられている。この電流阻止層8aは、窒化物系化合物半導体層8の下少なくとも開口部に導電体層と絶縁体層7とを有しており、絶縁体層7は開口部形成の際に窒化物系化合物半導体層8のエッチングストップ層として機能する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板上に、少なくとも一対のクラッド層と、両クラッド層で挟まれた活性層と、該基板から遠い方のクラッド層上に電流通路となる開口部を有して設けられた電流阻止層とを備えた窒化物系化合物半導体発光素子において、

該電流阻止層が絶縁体層と窒化物系化合物半導体層からなり、該窒化物系化合物半導体層の下少なくとも該開口部に該絶縁体層を有する窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】 前記窒化物系化合物半導体層が $In_sAl_tGa_{1-s-t}N$ ($0 \leq s$ 、 $0 \leq t$ 、 $0 \leq s+t \leq 1$) からなる請求項1に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】 前記クラッド層が $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$) からなり、前記活性層が $In_zGa_{1-z}N$ ($0 \leq z \leq 1$) からなる請求項2に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】 前記絶縁体層は、前記開口部を形成する際に前記窒化物系化合物半導体層に対してエッチングストップ層として機能する請求項1乃至請求項3のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】 前記窒化物系化合物半導体層の開口部の幅が、前記絶縁体層の開口部の幅よりも大きい請求項1乃至請求項4のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項6】 前記基板が GaN からなる請求項1乃至請求項5のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項7】 前記絶縁体層の開口部が、他の領域よりも結晶欠陥が少ない領域に形成され、該開口部の下方に位置する活性層領域が発光部となる請求項1乃至請求項6のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項8】 前記絶縁体層の開口部が、その下の窒化物系化合物半導体層の転位密度が $10^8/cm^2$ 以下の領域に形成されている請求項7に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項9】 前記絶縁体層が SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 および TiO_2 のうちの少なくとも1つからなる請求項1乃至請求項8のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項10】 前記絶縁体層がクラッド層上に形成されている請求項1乃至請求項9のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項11】 前記電流阻止層が、前記絶縁体層の下に導電体層をさらに有する請求項1乃至請求項10のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項12】 前記導電体層が W 、 Mo 、 Ta 、 Mg 、 C 、 Be およびそれらの合金のうちの少なくとも1つからなる請求項1乃至請求項11のいずれかに記載の

窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項13】 前記導電体層が厚さ $1nm$ 以上 $10nm$ 以下である請求項1乃至請求項12のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項14】 基板上に下部クラッド層、活性層および上部クラッド層を積層形成し、該上部クラッド層上に電流阻止層となる絶縁体層および窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、

該窒化物系化合物半導体層にドライエッチングにより開口部を形成し、該絶縁体層を露出させる工程と、

該絶縁体層にウェットエッチングにより開口部を形成し、該上部クラッド層を露出させる工程とを含む窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項15】 基板上に該下部クラッド層、活性層および上部クラッド層を積層形成し、該上部クラッド層上に電流阻止層となる導電体層、絶縁体層および窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、

該窒化物系化合物半導体層にドライエッチングにより開口部を形成し、該絶縁体層を露出させる工程と、

該絶縁体層および該導電体層にウェットエッチングにより開口部を形成し、該上部クラッド層を露出させる工程とを含む窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、青色領域から紫外領域で発光可能な半導体レーザや発光ダイオード等の窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関し、特に、しきい値電流を低減するために電流阻止層を設けた窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 青色領域から紫外領域で発光可能な半導体発光素子として、例えば特開平8-97507号公報には図8に示すような窒化ガリウム系化合物半導体レーザが開示されている。

【0003】 この半導体レーザは、サファイヤ基板1、 n 型 GaN バッファ層2、 n 型 GaN コンタクト層3、 n 型 $AlGaIn$ クラッド層4、 $InGaIn$ 活性層5、 p 型 $AlGaIn$ クラッド層6、内部電流阻止層80および p 型 GaN コンタクト層9を順次積層した構造を備えている。 p 型コンタクト層9の上には p 型電極10が形成され、 n 型コンタクト層3の露出部上には n 型電極11が形成されている。

【0004】 上記電流阻止層80は、エッチングによって形成されたストライプ状開口部（ストライプ溝）を有しており、 p 型電極10から n 型電極11へ流れる電流は電流阻止層80の開口部を縦に流れるように狭窄される。この電流阻止層80には、 $AlGaIn$ 、 SiO_2 、 Si_3N_4 および Al_2O_3 等が用いられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、窒化ガリウム系化合物半導体レーザのしきい値電流を低減するために、電流阻止層80にエッチングによって開口部を設けた構造が提案されている。

【0006】しかし、この電流阻止層80にエッチングにて開口部を形成する場合、開口部の幅や開口部の形状（溝の斜面）110を再現性良く形成しなければならないという問題がある。これは、開口部の幅や開口部の形状がしきい値電流や発振モードに影響を及ぼすからである。

【0007】また、電流阻止層としてAlGaIn等の窒化ガリウム系化合物半導体を用いた場合、現在のところ、電流阻止層に開口部を形成する際に最適なエッチング方法が知られておらず、選択性に優れたエッチングが行えないという問題がある。このため、上記電流阻止層80にストライプ状開口部を形成するためのエッチングを行う際に、電流阻止層80の下に位置するクラッド層6の表面までもエッチングされるおそれがあり、エッチング条件を厳しく調整しない限り再現性の良い形状制御が実現できなかった。

【0008】さらに、エッチング装置によって電流阻止層80にストライプ状開口部を形成した後、その開口部を埋め込むように半導体層（コンタクト層9）を再成長させるが、ドライエッチング法では再成長界面（露出表面）にダメージや残留不純物等が導入される。このような露出表面上に再成長層を形成しても、良好な結晶品質を有する再成長界面100が得られず、界面準位の原因となっていた。

【0009】例えば、p型窒化ガリウム系化合物半導体をドライエッチング法にてエッチングし、その表面にp型電極を形成してp型電極間のI（電流）-V（電圧）特性を調べた結果を図3に（c）で示す。この図からI-V特性がオーミック接触になっておらず、ドライエッチングによるダメージや残留不純物等が導入されていることがわかる。

【0010】また、電流阻止層80にストライプ状開口部を形成した後、その開口部を埋め込むように半導体層（コンタクト層9）を再成長させるまでの間に、電流阻止層80のストライプ状溝底部の隅が窒素不足のために蒸発してしまう。このため、その上にコンタクト層9を再成長すると、図8に示すような空洞111が発生するという問題も生じていた。

【0011】さらに、電流阻止層80を絶縁体層で形成した場合、電流阻止層80の開口部上に再成長した領域に、図9に示すような欠陥112が発生し、再成長層には結晶性が悪い層しか得られない。このため、しきい値電流や直列抵抗が増加し、順方向電圧が高くなり、信頼性の優れた半導体発光素子が得られないという問題があった。

【0012】本発明はこのような従来技術の課題を解決

すべくなされたものであり、発振横モードが安定し、しきい値電流と順方向電圧が低減され、信頼性が高い窒化物系化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子は、基板上に、少なくとも一対のクラッド層と、両クラッド層で挟まれた活性層と、該基板から遠い方のクラッド層上に電流通路となる開口部を有して設けられた電流阻止層とを備えた窒化物系化合物半導体発光素子において、該電流阻止層が絶縁体層と窒化物系化合物半導体層からなり、該窒化物系化合物半導体層の下に少なくとも該開口部に該絶縁体層を有し、そのことにより上記目的が達成される。

【0014】前記窒化物系化合物半導体層が $\text{In}_s\text{Al}_t\text{Ga}_{1-s-t}\text{N}$ ($0 \leq s, 0 \leq t, 0 \leq s+t \leq 1$) からなるのが好ましい。

【0015】前記クラッド層が $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 1$) からなり、前記活性層が $\text{In}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ ($0 \leq z \leq 1$) からなるのが好ましい。

【0016】前記絶縁体層は、前記開口部を形成する際に前記窒化物系化合物半導体層に対してエッチングストップ層として機能させることができる。

【0017】前記窒化物系化合物半導体層の開口部の幅が、前記絶縁体層の開口部の幅よりも大きいのが好ましい。

【0018】前記基板がGaInからなるのが好ましい。

【0019】前記絶縁体層の開口部が、他の領域よりも結晶欠陥が少ない領域に形成され、該開口部の下方に位置する活性層領域が発光部となるのが好ましい。

【0020】前記絶縁体層の開口部が、その下の窒化物系化合物半導体層の転位密度が $10^8/\text{cm}^2$ 以下の領域に形成されているのが好ましい。

【0021】前記絶縁体層が SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 および TiO_2 のうちの少なくとも1つからなるのが好ましい。

【0022】前記絶縁体層がクラッド層上に形成されているのが好ましい。

【0023】前記電流阻止層が、前記絶縁体層の下に導電体層をさらに有するのが好ましい。

【0024】前記導電体層がW、Mo、Ta、Mg、C、Beおよびそれらの合金のうちの少なくとも1つからなるのが好ましい。

【0025】前記導電体層が厚さ1nm以上10nm以下であるのが好ましい。

【0026】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法は、基板上に下部クラッド層、活性層および上部クラッド層を積層形成し、該上部クラッド層上に電流阻止層となる絶縁体層および窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層にドラ

イエッチングにより開口部を形成し、該絶縁体層を露出させる工程と、該絶縁体層にウェットエッチングにより開口部を形成し、該上部クラッド層を露出させる工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

【0027】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法は、基板上に該下部クラッド層、活性層および上部クラッド層を積層形成し、該上部クラッド層上に電流阻止層となる導電体層、絶縁体層および窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層にドライエッチングにより開口部を形成し、該絶縁体層を露出させる工程と、該絶縁体層および該導電体層にウェットエッチングにより開口部を形成し、該上部クラッド層を露出させる工程とを含み、そのことにより上記目的が達成される。

【0028】以下、本発明の作用について説明する。

【0029】本発明にあつては、電流阻止層が窒化物系化合物半導体層の下少なくとも開口部に絶縁体層を有しており、後述する実施形態1～実施形態4に示すように、窒化物系化合物半導体層に開口部を形成する際に絶縁体層をエッチングストップ層として機能させることができるので、再現性の良い形状制御が可能である。また、絶縁体層上に窒化物系化合物半導体層が設けられているので、図9に示したような電流阻止層（絶縁体層）80上の成長層の欠陥112も生じない。

【0030】上記基板としては、例えばサファイヤ基板やGaN基板が用いられる。特に、後述する実施形態4に示すように、GaN基板を用いた場合には、サファイヤ基板を用いた場合に比べてその上に形成される窒化物系化合物半導体層の転位が少なくなり、また、サファイヤ基板のように基板の反りが生じてSiO₂膜にダメージを与えることもないので、好ましい。さらに、SiO₂膜を設けると熱が逃げにくい、GaN基板では熱を逃がすこともできる。

【0031】後述する実施形態4に示すように、上記絶縁体層を形成する前に、半導体層の表面から転位（結晶欠陥）を観察する方法等により、活性層を横切る転位（貫通転位でさらにクラッド層まで貫通している転位）が他の領域よりも少ない領域の上方に、上記絶縁体層の開口部を形成するのが好ましい。この領域を電流通路として、その下方に位置する活性層領域を発光部とすることにより、非発光再結合が減少し、発光効率の高い窒化物系化合物半導体発光素子が得られる。さらに、開口部の転位を通して、例えばMgがヘビードープされたp型コンタクト層から再成長中に活性層にMgが拡散するのを抑えることができるので、活性層の結晶性が悪化せず、発光部の発光効率が減少しない。

【0032】これに対して、活性層を横切る転位が他の領域よりも多い領域に上記絶縁体層の開口部を形成し、この領域を電流通路として、その下方に位置する活性層領域を発光部とすると、非発光再結合が増加し、発光効

率の低い窒化物系化合物半導体発光素子しか得ることができない。さらに、開口部の転位を通して、例えばMgがヘビードープされたp型コンタクト層から再成長中に活性層にMgが拡散するため、活性層の結晶性が悪化し、発光部の発光効率が減少する。

【0033】従って、絶縁体層の開口部は、その下の窒化物系化合物半導体層の転位密度が例えば $10^8/\text{cm}^2$ 以下の領域に形成するのが好ましい。

【0034】絶縁体層は、その上に窒化物系化合物半導体層が成長可能であり、成長マスク層としての機能を有している。そして、絶縁体層の両側から横方向に結晶成長が進み、その横方向の成長が合体するために、絶縁体層上の中心近傍で転位（）欠陥が少ないように成長させることができる。

【0035】絶縁体層としては、紫外領域での光吸収が少ないSiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃またはTiO₂等を用いるのが好ましく、それらを2種類以上組み合わせてもよい。絶縁体層は、クラッド層上に形成するのが好ましい。さらに、後述する実施形態3に示すように、n型クラッド層では絶縁体層からSi等の不純物が混入されても特に問題がないので、p型クラッド層よりもn型クラッド層上に絶縁体層を形成するのが好ましい。絶縁体層の厚さは、0.05μm以上0.2μm以下であるのが好ましい。絶縁体層の厚さが0.05μmより薄いと絶縁体として機能しないおそれがあり、0.2μmより厚いと電流阻止層により発振横モードを制御するのが困難になる。

【0036】さらに、絶縁体層の下層に金属層等の導電体層を設けることにより、後述する実施形態2に示すように、絶縁体層から上部クラッド層に不純物が導入されるのを防ぐことができる。さらに、この導電体層は、絶縁体層形成時に、絶縁体構成元素が下地層へ混入するのを防止するための保護層としても機能する。

【0037】導電体層としては、高融点金属であるW、Mo、Ta等、またはp型不純物となりえるMg、C、Be等を用いるのが好ましく、それらの合金や2種類以上を組み合わせてもよい。また、導電体層の厚さは1nm以上10nm以下であるのが好ましい。これは、導電体層の厚さが1nm未満では絶縁体層形成時に絶縁体層を構成する元素がクラッド層へ混入するのを防ぐことができず、10nmを越えると活性層からの光が導電体層に吸収される影響が大きいためである。さらに好ましくは5nm以上10nm以下である。

【0038】本発明にあつては、上部クラッド層上に絶縁体層と窒化物系化合物半導体層と絶縁体層を積層形成してドライエッチングにより絶縁体層を露出させ、その後、ウェットエッチングにより上部クラッド層を露出させることにより、ドライエッチングによるダメージや残留不純物がクラッド層表面やその上の再成長層であるコンタクト層に導入されない。例えば、絶縁体層とp型窒

化物系化合物半導体を積層形成して絶縁体層までドライエッチング法にてエッチングし、その後、ウェットエッチングにより上部クラッド層を露出させてその表面にp型電極を形成した場合、p型電極間のI-V特性は図3に(a)で示すようになる。よって、ドライエッチングによるダメージや残留不純物等が導入されておらず、I-V特性がオーミック接触に近いものになっていることがわかる。これに対して、従来のようにp型窒化物系化合物半導体をドライエッチング法にてエッチングし、その表面にp型電極を形成してp型電極間のI-V特性を調べると、図3に(c)で示すようになる。よって、ドライエッチングによるダメージや残留不純物等が導入され、I-V特性がオーミック接触になっていないことがわかる。

【0039】さらに、他の本発明にあっては、上部クラッド層上に導電体層と絶縁体層と窒化物系化合物半導体層とを積層形成してドライエッチングにより絶縁体層を露出させ、その後、ウェットエッチングにより上部クラッド層を露出させることにより、ドライエッチングによるダメージや残留不純物がクラッド層表面やその上の再成長層であるコンタクト層表面に導入されない。例えば、導電体層と絶縁体層とp型窒化物系化合物半導体を積層形成して絶縁体層までドライエッチング法にてエッチングし、その後、ウェットエッチングにより上部クラッド層を露出させてその表面にp型電極を形成した場合、p型電極間のI-V特性は図3に(b)で示すようになる。よって、ドライエッチングによるダメージや残留不純物等が導入されておらず、I-V特性がオーミック接触になってさらに好ましい特性が得られていることがわかる。

【0040】さらに、窒化物系化合物半導体層の開口部の幅は絶縁体層の開口部の幅よりも大きくすることができ、窒化物系化合物半導体層の開口部の幅を従来よりも大きくすることができる。よって、 $In_sAl_tGa_{1-s-t}N$ ($0 \leq s, 0 \leq t, 0 \leq s+t \leq 1$) 等の窒化物系化合物半導体層を用いても、図8に示したように電流阻止層80のストライプ状溝底部の隅が窒素不足のために蒸発することなく、空洞111も発生しない。

【0041】上記窒化物系化合物半導体層は、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($0 \leq x \leq 1$) からなり、クラッド層が $Al_yGa_{1-y}N$ ($0 \leq y \leq 1$) からなり、活性層が $In_zGa_{1-z}N$ ($0 \leq z \leq 1$) からなる量子井戸活性層であるのが好ましい。

【0042】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。以下の実施形態では半導体レーザ素子について説明するが、発光ダイオードについても適用可能であることは言うまでもない。なお、本発明において、窒化物系化合物半導体とは、 In_sAl_tGa

$1-s-tN$ ($0 \leq s, 0 \leq t, s+t \leq 1$) を含むものとする。さらに、V族元素としてAsやPを含むこともできる。

【0043】(実施形態1) 図1は本発明の一実施形態である窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構成を示す断面図である。

【0044】この半導体レーザは、サファイヤ基板1上に、厚さ50nm程度のGaNバッファ層2、厚さ3μm程度のn型GaNコンタクト層3、厚さ0.5μm程度のn型 $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ クラッド層4、厚さ3nmのノンドープ $In_{0.32}Ga_{0.68}N$ 活性層5および厚さ0.3μm程度のp型(Mgドープ) $Al_{0.08}Ga_{0.92}N$ クラッド層6、厚さ0.1μmの絶縁体(本実施形態では SiO_2)層7と厚さ0.3μmのn型GaN層8とからなる電流阻止層8aおよび厚さ0.3μmのp型(Mgドープ)GaNコンタクト層9を順次積層した構造を備えている。n型クラッド層4、活性層5、p型クラッド層6、電流阻止層8aおよびp型コンタクト層9はn型コンタクト層3を露出させるようにその一部が除去されている。p型コンタクト層9の上にはp型電極10が形成され、n型コンタクト層3の露出部上にはn型電極11が形成されている。

【0045】上記電流阻止層8aは、活性層5の選択された領域(本実施形態では共振器長方向に延びるストライプ状の領域)に電流通路となるストライプ状開口部を有し、このストライプ状開口部の幅はレーザ発振の横モードを調整するように決定されている。その開口部にはGaN層8の下に絶縁体(SiO_2)層7が設けられ、GaN層8の開口部の幅は絶縁体層7の開口部の幅より大きく設定されている。絶縁体層7はGaN層8に対するエッチングストップ層としての機能を有している。

【0046】この半導体レーザは、例えば以下のようにして作製することができる。

【0047】窒化物系化合物半導体層の形成は有機金属化合物気相成長法(MOCVD法)により行い、V族原料としてアンモニア(NH_3)、III族原料としてトリメチルガリウム(TMg)、トリメチルアルミニウム(TMA)およびトリメチルインジウム(TMI n)、p型不純物としてビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp_2Mg)、n型不純物としてモノシラン(SiH_4)を用い、キャリアガスとして H_2 および N_2 を用いる。

【0048】上記MOCVD法により1回目の結晶成長を行うためにサファイヤ基板1を図示しないMOCVD装置のサセアタ上に配置し、 H_2 雰囲気中、基板温度1200℃程度まで昇温することにより基板1の表面に対して清浄化処理を施す。

【0049】次に、基板温度を1000℃程度まで降温し、図2(a)に示すように基板1の上に厚さ50nm程度のGaNバッファ層2、厚さ3μm程度のn型GaN

Nコンタクト層3、厚さ0.5 μ m程度のn型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層4を成長させる。続いて、基板温度を700℃～750℃程度に降温し、厚さ3nmのノンドープIn_{0.32}Ga_{0.68}N活性層5を成長させる。その後、基板温度を1000℃程度まで昇温し、厚さ0.3 μ m程度のp型(Mgドープ)Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層6を成長させる。これらの半導体層の成長は、基板をMOCVD装置の成長室から取り出すことなく連続的に行う。

【0050】その後、上記半導体層が積層された基板を成長室から一旦取り出し、電子ビーム蒸着法、スパッタリング蒸着法、化学気相成長(CVD)法等によりSiO₂からなる絶縁体層を成長する。そして、通常のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によって、図2(b)に示すように絶縁体層7をクラッド層6上に形成する。本実施形態では、SiO₂からなる絶縁体層7を幅20 μ m、厚さ0.1 μ m、周期500 μ mに形成した。

【0051】次に、2回目の結晶成長を行うため、再び基板をMOCVD装置のサセプト上に配置し、基板温度を1000℃程度まで昇温する。そして、図2(c)に示すように厚さ0.3 μ mのn型GaN層8を絶縁体層7とクラッド層6の上にわたって成長させる。このとき、GaN層8はSiO₂絶縁体層7の両側から横方向成長し、横方向成長層同士が合体する。このため、絶縁体層7の中央部近傍に絶縁体層7と平行方向に結晶欠陥16が発生するのが表面から見てわかる。

【0052】その後、上記半導体層が積層された基板を成長室から一旦取り出し、n型GaN層8上にレジストマスク12aを形成する。このとき、n型GaN層8の結晶欠陥16をマスク合わせのマーカとして用いることができるので、マスク合わせが容易となる。そして、図2(d)に示すように、この領域のレジストマスクを除去し、レジストマスク12aで覆われていないn型GaN層8部分を選択的にエッチングする。このエッチングに際して絶縁体層7がエッチングストップ層として機能し、絶縁体層7の表面13が露出した時点で容易に再現性良くエッチングを停止させることができる。このエッチングは、例えばRIE(反応性イオンエッチング)によりBCl₃/Cl₂/SiCl₄等のガスを用いて絶縁体層7が露出するまで行う。本実施形態では露出した絶縁体層7の幅を7 μ mとした。その後、有機溶剤によってマスク12aを除去する。

【0053】次に、図2(e)に示すように、n型GaN層8と絶縁体層7の一部の上にレジストマスク12bを形成する。そして、ウェットエッチングによって絶縁体層7をクラッド層6の表面14が露出するまでエッチングする。本実施形態では露出したクラッド層6の幅を3 μ mとした。その後、有機溶剤によってマスク12bを除去する。

【0054】続いて、3回目の結晶成長を行うため、再び基板をMOCVD装置のサセプト上に配置し、基板温度を1000℃程度まで昇温する。そして、図2(f)に示すように、厚さ0.3 μ mのMgドープGaNコンタクト層9を成長させる。このとき、クラッド層6の露出表面14はドライエッチング時のダメージや不純物混入による表面準位等の影響を受けることなく、MOCVD装置内で良好な状態の清浄表面が維持されている。このような良好な状態の清浄表面の上に再成長が行われるので、結晶性に優れた良好な再成長層が形成される。

【0055】その後、上記半導体層が積層された基板をMOCVD装置から取り出し、図示しないレジストマスクを用いてドライエッチング技術によりn型コンタクト層3表面15を露出させる。次に、N₂雰囲気中、750℃の熱アニーリングを行ってMgドープ層をp型に変化させる。

【0056】最後に、p型コンタクト層9の上にp型電極10を形成し、n型コンタクト層3の露出表面15上にn型電極11を形成して図2(g)に示す本実施形態の半導体レーザが得られる。

【0057】この半導体レーザは、図示しない電流供給回路からp型電極10およびn型電極11に電圧が与えられ、半導体積層構造の中をp型電極10からn型電極11へと電流が流れる。このとき、電流はn型GaN層8と絶縁体層7からなる電流阻止層8aによってブロックされるので、電流が狭窄されながら電流阻止層8aの開口部を上から下へ流れる。これにより、横モードの制御されたレーザ発振が生じ、波長が青色領域から紫外領域にあるレーザ光が得られる。

【0058】さらに、本実施形態によれば、p型窒化物系化合物半導体層(p型クラッド層とp型コンタクト層)をドライエッチングに晒ことなく電流狭窄部(電流通路)を形成することができるので、ドライエッチング時のダメージや残留不純物混入等による界面準位が生じない。よって、図3(a)に示すようなオーミック接触に近いI-V特性が得られるのと同様な良好な再成長界面が得られている。

【0059】n型GaN層8の開口部の幅は絶縁体層7の幅よりも大きく設定できるので、図8に示した従来の半導体発光素子に生じていたような内部電流阻止層80の開口部底面の隅部の空洞111が生じない。

【0060】さらに、電流狭窄部(開口部)の幅や形状をウェットエッチング法により制御性良く形成することができる。

【0061】電流阻止層8aの絶縁体層7はGaN層8に対してエッチングストップ層として機能するため、エッチングの停止を容易に再現性良く制御することができ、ダメージや残留不純物等による界面準位も低減される。

【0062】このように、本実施形態においては、横モ

ードが制御され、しきい値電流および順方向電圧が低減し、信頼性に優れた窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現することができた。

【0063】(実施形態2)本実施形態では、絶縁体層の下層に導電体層を設けた例について説明する。

【0064】図4は実施形態2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構成を示す断面図である。

【0065】この半導体レーザは、サファイヤ基板1上に、厚さ50nm程度のGa_{0.98}Nバッファ層2、厚さ4μm程度のn型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層4、厚さ3nmのIn_{0.15}Ga_{0.85}N量子井戸層が3層と、厚さ4nmのIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層が2層とからなる多重量子井戸活性層5および厚さ0.3μm程度のp型(Mgドープ)Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層6、厚さ5nmの導電体(本実施形態ではMg)層71と厚さ0.1μmの絶縁体(本実施形態ではSiO₂)層7と厚さ0.3μmのn型Al_{0.05}Ga_{0.95}N層8とからなる電流阻止層8bおよび厚さ0.3μmのp型(Mgドープ)Ga_{0.98}Nコンタクト層9を順次積層した構造を備えている。n型クラッド層4、活性層5、p型クラッド層6、電流阻止層8bおよびp型コンタクト層9はn型コンタクト層3を露出させるようにその一部が除去されている。p型コンタクト層9の上にはp型電極10が形成され、n型コンタクト層3の露出部上にはn型電極11が形成されている。

【0066】上記電流阻止層8bは、活性層5の選択された領域(本実施形態では共振器長方向に延びるストライプ状の領域)に電流通路となるストライプ状開口部を有し、このストライプ状開口部の幅はレーザ発振の横モードを調整するように決定されている。その開口部には

【0067】この半導体レーザは、例えば以下のようにして作製することができる。

【0068】窒化物系化合物半導体層の形成はMOCVD法により行い、V族原料、III族原料、p型不純物、n型不純物およびキャリアガスは実施形態1と同様のものを用いる。

【0069】上記MOCVD法により1回目の結晶成長を行うためにサファイヤ基板1を図示しないMOCVD装置のサセプタ上に配置し、H₂雰囲気中、基板温度1200℃程度まで昇温することにより基板1の表面に対して清浄化処理を施す。

【0070】次に、基板温度を1000℃程度まで降温し、図5(a)に示すように基板1の上に厚さ50nm程度のGa_{0.98}Nバッファ層2、厚さ4μm程度のn型Ga

Nコンタクト層3、厚さ0.5μm程度のn型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層4を成長させる。続いて、基板温度を700℃〜750℃程度に降温し、厚さ3nmのIn_{0.15}Ga_{0.85}N量子井戸層が3層と、厚さ4nmのIn_{0.05}Ga_{0.95}N障壁層が2層とからなる多重量子井戸活性層51を成長させる。その後、基板温度を1000℃程度まで昇温し、厚さ0.3μm程度のp型(Mgドープ)Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層6を成長させる。これらの半導体層の成長は、基板をMOCVD装置の成長室から取り出すことなく連続的に行う。

【0071】その後、上記半導体層が積層された基板を成長室から一旦取り出し、電子ビーム蒸着法等によりMgからなる導電体層を成長し、電子ビーム蒸着法、スパッタリング蒸着法、化学気相成長(CVD)法等によりSiO₂からなる絶縁体層を成長する。そして、通常のフォトリソグラフィ技術およびエッチング技術によって、図5(b)に示すように導電体層71と絶縁体層7をクラッド層6上に形成する。本実施形態では、Mgからなる導電体層71を幅6μm、厚さ5nm、周期500μmに形成し、SiO₂からなる絶縁体層7を幅20μm、厚さ0.1μm、周期500μmに形成した。

【0072】次に、2回目の結晶成長を行うため、再び基板をMOCVD装置のサセプタ上に配置し、基板温度を1000℃程度まで昇温する。そして、図5(c)に示すように厚さ0.3μmのn型Al_{0.05}Ga_{0.95}N層8を絶縁体層7とクラッド層6の上にわたって成長させる。このとき、AlGa_{0.95}N層8はSiO₂絶縁体層7の両側から横方向成長し、横方向成長層同士が合体する。このため、絶縁体層7の中央部近傍に絶縁体層7と平行方向に結晶欠陥16が発生するのが表面から見てもわかる。

【0073】その後、上記半導体層が積層された基板を成長室から一旦取り出し、n型AlGa_{0.95}N層8上にレジストマスク12aを形成する。このとき、n型AlGa_{0.95}N層8の結晶欠陥16をマスク合わせのマーカーとして用いることができるので、マスク合わせが容易となる。そして、図5(d)に示すように、この領域のレジストマスクを除去し、レジストマスク12aで覆われていないn型AlGa_{0.95}N層8部分を選択的にエッチングする。このエッチングに際して絶縁体層7がエッチングストップ層として機能し、絶縁体層7の表面13が露出した時点で容易に再現性良くエッチングを停止させることができる。このエッチングは、例えばRIE(反応性イオンエッチング)によりBCl₃/Cl₂/SiCl₄等のガスを用いて絶縁体層7が露出するまで行う。本実施形態では露出した絶縁体層7の幅を7μmとした。その後、有機溶剤によってマスク12aを除去する。

【0074】次に、図5(e)に示すように、n型AlGa_{0.95}N層8と絶縁体層7の一部の上にレジストマスク12bを形成する。そして、ウェットエッチングによって

絶縁体層7および導電体層71をクラッド層6の表面14が露出するまでエッチングする。本実施形態では露出したクラッド層6の幅を $3\mu\text{m}$ とした。その後、有機溶剤によってマスク12bを除去する。

【0075】続いて、3回目の結晶成長を行うため、再び基板をMOCVD装置のサセプタ上に配置し、基板温度を 1000°C 程度まで昇温する。そして、図5(f)に示すように、厚さ $0.3\mu\text{m}$ のMgドープGa_{0.99}Nコンタクト層9を成長させる。このとき、クラッド層6の露出表面14はドライエッチング時のダメージや不純物混入による表面準位等の影響を受けることなく、MOCVD装置内で良好な状態の清浄表面が維持されている。このような良好な状態の清浄表面の上に再成長が行われるので、結晶性に優れた良好な再成長層が形成される。

【0076】その後、上記半導体層が積層された基板をMOCVD装置から取り出し、図示しないレジストマスクを用いてドライエッチング技術によりn型コンタクト層3表面15を露出させる。次に、N₂雰囲気中、 750°C の熱アニーリングを行ってMgドープ層をp型に変化させる。

【0077】最後に、p型コンタクト層9の上にp型電極10を形成し、n型コンタクト層3の露出表面15上にn型電極11を形成して図5(g)に示す本実施形態の半導体レーザが得られる。

【0078】この半導体レーザは、図示しない電流供給回路からp型電極10およびn型電極11に電圧が与えられ、半導体積層構造の中をp型電極10からn型電極11へと電流が流れる。このとき、電流はn型Al_{0.98}Ga_{0.02}N層8と絶縁体層7と導電体層71からなる電流阻止層8bによってブロックされるので、電流が狭窄されながら電流阻止層8bの開口部を上から下へ流れる。これにより、横モードの制御されたレーザ発振が生じ、波長が青色領域から紫外領域にあるレーザ光が得られる。

【0079】さらに、本実施形態によれば、p型窒化物系化合物半導体層(p型クラッド層とp型コンタクト層)をドライエッチングに晒ことなく電流狭窄部(電流通路)を形成することができるので、ドライエッチング時のダメージや残留不純物混入等による界面準位が生じない。よって、図3の(b)に示すようなオーミック接触のI-V特性が得られるのと同様な良好な再成長界面が得られている。

【0080】n型Al_{0.99}GaN層8の開口部の幅は絶縁体層7の幅よりも大きく設定できるので、図8に示した従来の半導体発光素子に生じていたような内部電流阻止層80の開口部底面の隅部の空洞111が生じない。

【0081】さらに、電流狭窄部(開口部)の幅や形状をウェットエッチング法により制御性良く形成することができる。

【0082】電流阻止層8bの絶縁体層7はAl_{0.99}GaN層8に対してエッチングストップ層として機能するた

め、エッチングの停止を容易に再現性良く制御することができ、ダメージや残留不純物等による界面準位も低減される。

【0083】さらに、本実施形態では、p型クラッド層6上に直接絶縁体層7を形成するのではなく、導電体層71を形成しているため、Si等の不純物がp型クラッド層6に堆積されず、絶縁体形成時の酸素やSi等の不純物がp型クラッド層6に混入するのを防ぐための保護層としても機能する。よって、実施形態1の半導体レーザよりもさらに順方向電圧を低減することができる。

【0084】このように、本実施形態においては、横モードが制御され、しきい値電流および順方向電圧が低減し、信頼性に優れた窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現することができた。

【0085】なお、本実施形態では導電体層71が残るように形成したが、導電体層71の形成幅を開口部の幅と同じに形成し、p型クラッド層6表面14を露出させるためのエッチング工程において導電体層71を全て除去してもよい。さらに、導電体層71は絶縁体層7よりも幅が狭くされているが、絶縁体層7の下全面に設けることもできる。

【0086】(実施形態3)本実施形態では、n型クラッド層上に絶縁体層を設けた例について説明する。

【0087】図6は実施形態3の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構成を示す断面図である。

【0088】この半導体レーザは、サファイヤ基板1上に、厚さ 50nm 程度のGa_{0.99}Nバッファ層2、厚さ $3\mu\text{m}$ 程度のp型(Mgドープ)Ga_{0.99}Nコンタクト層31、厚さ $0.5\mu\text{m}$ 程度のp型(Mgドープ)Al_{0.98}Ga_{0.02}Nクラッド層41、厚さ 3nm のノンドープIn_{0.32}Ga_{0.68}N活性層5および厚さ $0.3\mu\text{m}$ 程度のn型Al_{0.98}Ga_{0.02}Nクラッド層61、厚さ $0.1\mu\text{m}$ の絶縁体(本実施形態ではSiO₂)層7と厚さ $0.3\mu\text{m}$ のp型(Mgドープ)Ga_{0.99}N層81とからなる電流阻止層8cおよび厚さ $0.3\mu\text{m}$ のn型Ga_{0.99}Nコンタクト層91を順次積層した構造を備えている。p型クラッド層41、活性層5、n型クラッド層61、電流阻止層8cおよびp型コンタクト層31はp型コンタクト層31を露出させるようにその一部が除去されている。n型コンタクト層91の上にはn型電極11が形成され、p型コンタクト層31の露出部上にはp型電極10が形成されている。

【0089】上記電流阻止層8cは、活性層5の選択された領域(本実施形態では共振器長方向に延びるストライプ状の領域)に電流通路となるストライプ状開口部を有し、このストライプ状開口部の幅はレーザ発振の横モードを調整するように決定されている。その開口部にはGa_{0.99}N層81の下に絶縁体(SiO₂)層7が設けられ、Ga_{0.99}N層81の開口部の幅は絶縁体層7の開口部の幅より大きく設定されている。絶縁体層7はGa_{0.99}N層8

1に対するエッチングストップ層としての機能を有している。

【0090】この半導体レーザの製造において、各層の成長法、V族原料、III族原料、p型不純物、n型不純物、キャリアガスは実施形態1と同様のものを用いることができる。

【0091】この半導体レーザは、図示しない電流供給回路からp型電極10およびn型電極11に電圧が与えられ、半導体積層構造の中をp型電極10からn型電極11へと電流が流れる。このとき、電流はp型GaN層81と絶縁体層7からなる電流阻止層8cによってブロックされるので、電流が狭窄されながら電流阻止層8cの開口部を上から下へ流れる。これにより、横モードの制御されたレーザ発振が生じ、波長が青色領域から紫外領域にあるレーザ光が得られる。

【0092】さらに、本実施形態によれば、n型窒化物系化合物半導体層（n型クラッド層とn型コンタクト層）をドライエッチングに晒ことなく電流狭窄部（電流通路）を形成することができるので、ドライエッチング時のダメージや残留不純物混入等による界面準位が生じない。

【0093】p型GaN層81の開口部の幅は絶縁体層7の幅よりも大きく設定できるので、図8に示した従来の半導体発光素子に生じていたような内部電流阻止層80の開口部底面の隅部の空洞111が生じない。

【0094】さらに、電流狭窄部（開口部）の幅や形状をウェットエッチング法により制御性良く形成することができる。

【0095】電流阻止層8cの絶縁体層7はGaN層81に対してエッチングストップ層として機能するため、エッチングの停止を容易に再現性良く制御することができ、ダメージや残留不純物等による界面準位も低減される。

【0096】さらに、本実施形態では、SiO₂絶縁体層7がn型クラッド層61上に形成されており、SiO₂絶縁体層7の形成時にn型クラッド層61にSi等が混入しても、Siは窒化物系化合物半導体に対してn型不純物として働くため、特に問題は生じない。実際に素子を作製した場合、実施形態2で得られた順方向電圧よりも若干高めであるが、問題ない程度であった。

【0097】このように、本実施形態においては、横モードが制御され、しきい値電流および順方向電圧が低減し、信頼性に優れた窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現することができた。

【0098】（実施形態4）本実施形態では、導電性GaN基板を用いた例について説明する。

【0099】図7は実施形態4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構成を示す断面図である。

【0100】この半導体レーザは、n型GaN基板21上に、厚さ3μm程度のn型GaNコンタクト層3、厚

さ0.5μm程度のn型Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層4、厚さ3nmのノンドープIn_{0.32}Ga_{0.68}N活性層5および厚さ0.3μm程度のp型（Mgドープ）Al_{0.08}Ga_{0.92}Nクラッド層6、厚さ0.1μmの絶縁体（本実施形態ではSiO₂）層7と厚さ0.3μmのn型GaN層8とからなる電流阻止層8aおよび厚さ0.3μmのp型（Mgドープ）GaNコンタクト層9を順次積層した構造を備えている。p型コンタクト層9の上にはp型電極10が形成され、n型GaN基板21の裏面にはn型電極11が形成されている。

【0101】上記電流阻止層8aは、活性層5の選択された領域（本実施形態では共振器長方向に延びるストライプ状の領域）に電流通路となるストライプ状開口部を有し、このストライプ状開口部の幅はレーザ発振の横モードを調整するように決定されている。その開口部にはGaN層8の下に絶縁体（SiO₂）層7が設けられ、GaN層8の開口部の幅は絶縁体層7の開口部の幅より大きく設定されている。絶縁体層7はGaN層8に対するエッチングストップ層としての機能を有している。

【0102】この半導体レーザの製造において、各層の成長法、V族原料、III族原料、p型不純物、n型不純物、キャリアガスは実施形態1と同様のものを用いることができる。

【0103】この半導体レーザは、図示しない電流供給回路からp型電極10およびn型電極11に電圧が与えられ、半導体積層構造の中をp型電極10からn型電極11へと電流が流れる。このとき、電流はn型GaN層8と絶縁体層7からなる電流阻止層8aによってブロックされるので、電流が狭窄されながら電流阻止層8aの開口部を上から下へ流れる。これにより、横モードの制御されたレーザ発振が生じ、波長が青色領域から紫外領域にあるレーザ光が得られる。

【0104】さらに、本実施形態によれば、p型窒化物系化合物半導体層（p型クラッド層とp型コンタクト層）をドライエッチングに晒ことなく電流狭窄部（電流通路）を形成することができるので、ドライエッチング時のダメージや残留不純物混入等による界面準位が生じない。

【0105】n型GaN層8の開口部の幅は絶縁体層7の幅よりも大きく設定できるので、図8に示した従来の半導体発光素子に生じていたような内部電流阻止層80の開口部底面の隅部の空洞111が生じない。

【0106】さらに、電流狭窄部（開口部）の幅や形状をウェットエッチング法により制御性良く形成することができる。

【0107】電流阻止層8aの絶縁体層7はGaN層8に対してエッチングストップ層として機能するため、エッチングの停止を容易に再現性良く制御することができ、ダメージや残留不純物等による界面準位も低減される。

【0108】さらに、本実施形態では、Ga_{0.9}N_{0.1}基板21を用いているため、その上のクラッド層6に存在する転位がサファイヤ基板を用いた場合に比べて少ない。よって、クラッド層6表面から転位を観察して、転位の少ない領域上に絶縁体層7を形成し、例えば転位密度が $10^8/\text{cm}^2$ 以下の領域に形成することができる。その上にGa_{0.9}N_{0.1}層8を積層して電流阻止層8aを形成し、この電流阻止層8aに開口部を形成することにより、転位の少ない領域に電流通路を形成することができる。

【0109】従って、本実施形態では、横モードが制御され、実施形態1～実施形態3の半導体レーザよりもさらにしきい値電流および順方向電圧が低減し、信頼性に優れた窒化ガリウム系化合物半導体レーザを実現することができた。

【0110】なお、Ga_{0.9}N_{0.1}基板の面方位については、{0001}面、{1-100}面、{11-20}面、{1-101}面、{11-22}面{01-12}面等が好ましく、これらの面方位から±2度程度ずれていても本実施形態と同様の効果が得られることを確認している。

【0111】上記絶縁体層7は、その上に窒化ガリウム系化合物半導体層が成長可能なものであり、成長マスク層としての機能を有している。特に、SiO₂、Si₃N₄、Al₂O₃またはTiO₂等、紫外領域での光吸収が少ない材料を用いるのが好ましい。

【0112】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、電流阻止層の絶縁体層を窒化物系化合物半導体層のエッチングストップ層として機能させることができるので、再現性良くエッチングを停止させて制御性良く開口部の形状を制御することができる。

【0113】電流阻止層の下に窒化物系化合物半導体層をドライエッチングに晒すことなく電流の狭窄部（電流通路）を形成することができるので、ドライエッチングによるダメージや残留不純物がクラッド層表面やその上の再成長層であるコンタクト層に導入されず、良好なI-V特性が得られる。

【0114】さらに、絶縁体層の下層に導電体層を設けることにより、絶縁体層を直接上部クラッド層に形成した場合のように絶縁体層形成時に不純物がクラッド層に堆積されるのを防ぐことができる。

【0115】電流阻止層の窒化物系化合物半導体層の開口部の幅は絶縁体層の開口部の幅よりも大きくすることができるので、従来のように電流阻止層のストライプ状溝底部の隅に空洞が生じることはない。

【0116】電流狭窄部（開口部）の幅や形状はウェットエッチング法で形成できるので、ドライエッチング法よりはダメージが少ない開口部や開口部の底部が形成でき、制御性良く電流狭窄部を形成して、しきい値電流や発振モードを安定させることができる。

【0117】従って、本発明によれば、横モードが制御され、しきい値電流および順方向電圧が低減し、信頼性に優れた窒化物系化合物半導体発光素子を実現することができる。

【0118】特に、Ga_{0.9}N_{0.1}基板を用いた場合には、その上に形成される窒化物系化合物半導体層の転位を少なくすることができ、例えば転位密度が $10^8/\text{cm}^2$ 以下の領域の上に上記絶縁体層の開口部を形成することができる。その結果、非発光再結合を減少させることができ、また、活性層の結晶性を悪化させることもないので、さらに発光効率の高い窒化物系化合物半導体発光素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施形態1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【図2】実施形態1の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程を説明するための断面模式図である。

【図3】実施形態1および実施形態2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザと従来の窒化ガリウム系化合物半導体レーザについて、I-V特性を示す図である。

【図4】実施形態2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【図5】実施形態2の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの製造工程を説明するための断面模式図である。

【図6】実施形態3の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【図7】実施形態4の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【図8】従来の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【図9】従来の窒化ガリウム系化合物半導体レーザの構造を示す断面模式図である。

【符号の説明】

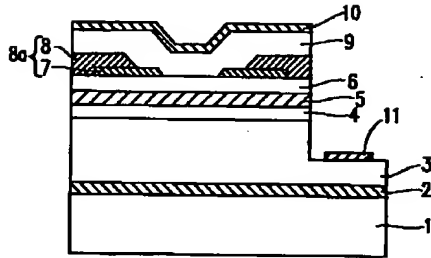
- 1 サファイヤ基板
- 2 バッファ層
- 3、91 n型コンタクト層
- 4、61 n型クラッド層
- 5 活性層
- 6、41 p型クラッド層
- 7 電流阻止層（絶縁体層）
- 8 電流阻止層（Ga_{0.9}N_{0.1}層）
- 8a、8b、8c 電流阻止層
- 9、31 p型コンタクト層
- 10 p型電極
- 11 n型電極
- 12a、12b レジストマスク
- 13 絶縁体層の露出表面
- 14 p型クラッド層の露出表面
- 15 n型コンタクト層の露出表面
- 16 結晶欠陥

19

21 GaN基板

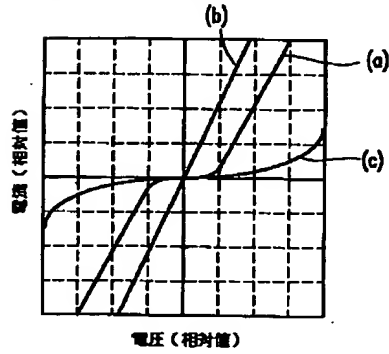
51 多重量子井戸活性層

【図1】

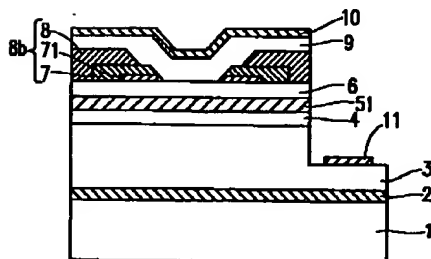


【図3】

p型窒化物系化合物半導体層表面にp型電極を形成したp型電極間の電流、電圧の関係



【図4】

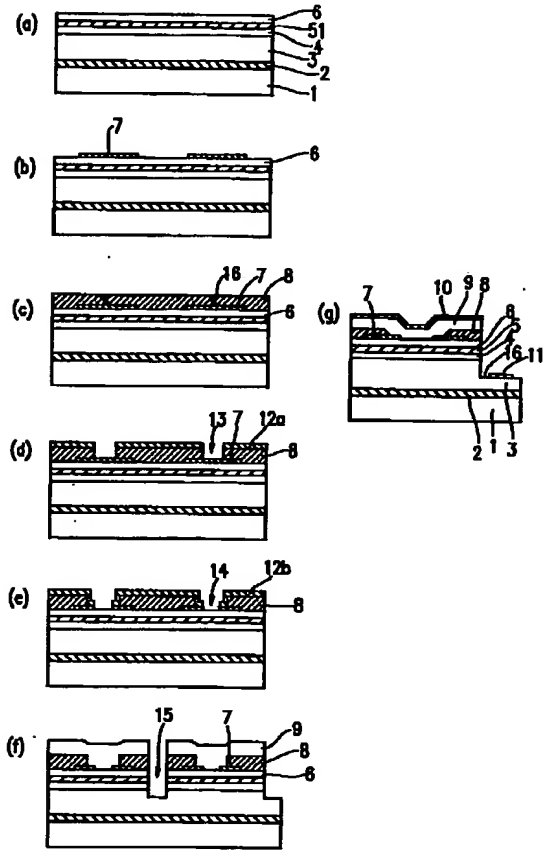


20

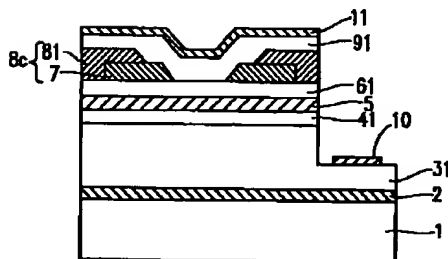
71 電流阻止層 (導電体層)

81 電流阻止層 (AlGaIn層)

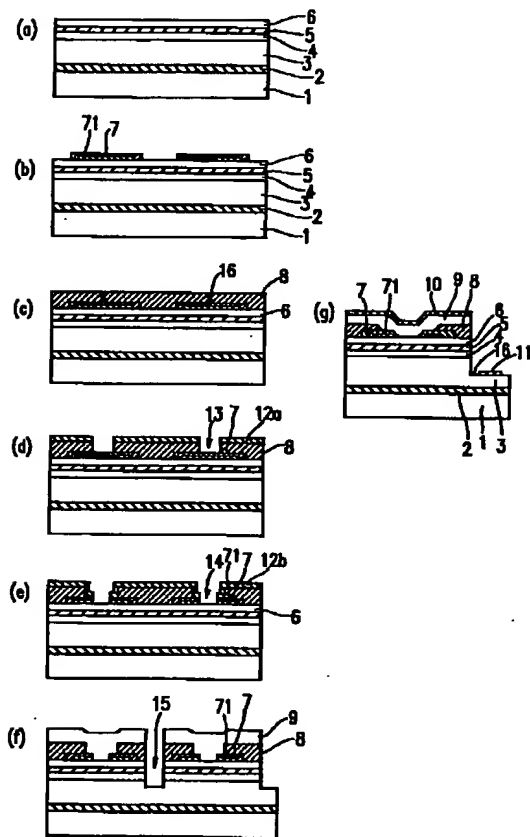
【図2】



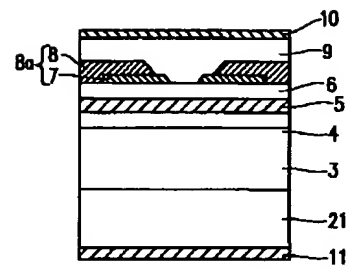
【図6】



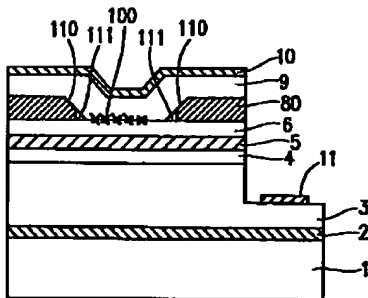
【図5】



【図7】



【図8】



【図9】

